

## Keramik dan material isolasi gelas – Bagian 3: Spesifikasi untuk material individu





## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Klasifikasi, pedoman terhadap sifat spesifikasi minimum .....	1
Tabel 1 Material isolasi keramik .....	2
Tabel 1a .....	2
Tabel 1b .....	3
Tabel 1c .....	4
Tabel 1d .....	5
Tabel 1e .....	6
Tabel 1f .....	7
Tabel 2 Keramik gelas dan material mika gelas .....	8
Tabel 3 Material isolasi gelas .....	9





## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Keramik dan material isolasi gelas - Bagian 3: Spesifikasi untuk material individu”, diadopsi secara identik dari standar *International Electrotechnical Commission* (IEC) Publikasi 60672-3 (1997-10) dengan judul “*Ceramic and glass-insulating materials – Part 3: Specification for individual materials*”. Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknik Material dan Sistem Isolasi (PTMI) masa kerja Tahun 2002 berkoordinasi dengan Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.

Ketika dalam taraf Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI), standar ini telah melalui proses/prosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Forum Konsensus XIX pada tanggal 9 s.d 10 Oktober 2002 untuk mencapai mufakat.

Dalam rangka mempertahankan mutu ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul perbaikan demi kesempurnaan rancangan ini dan tak kalah pentingnya untuk revisi standar ini dikemudian hari. Bila terdapat ketidakjelasan terhadap isi materi standar ini, maka yang dianggap berlaku adalah sebagaimana yang tertera pada teks asli IEC tersebut.





## Keramik dan material isolasi gelas – Bagian 3: Spesifikasi untuk material individu

### 1 Ruang lingkup

Bagian standar ini ditetapkan untuk keramik, keramik gelas, mika gelas dan material gelas untuk tujuan isolasi listrik. Hal ini untuk melengkapi, pedoman klasifikasi material untuk tujuan isolasi listrik secara umum dan mengindikasikan nilai numerik khusus untuk karakteristik yang relevan terhadap setiap sub grup atau jenis material sebagaimana yang ditentukan metode uji yang di definisikan dalam IEC 60672-2, *Ceramic and glass insulating materials – Part 1 : Methods of test*.

Nilai numerik ini hanya diterapkan pada uji contoh yang khusus dan metode uji. Hal tersebut tidak perlu di kembangkan terhadap uji contoh dan produk lain, serta dimensi atau metode pabrik.

### 2 Klasifikasi, pedoman terhadap sifat spesifikasi minimum

Klasifikasi kedalam sub grup (tipe) individu material dan nilai numerik khusus dari sifat yang diberikan dalam Tabel 1 untuk material isolasi keramik, dalam Tabel 2 untuk keramik gelas dan material isolasi gelas mika dan dalam Tabel 3 untuk material isolasi gelas.

Dengan besaran yang diberikan dalam tabel dengan digaris bawahi, hal ini di pandang bahwa sifat ini adalah biasanya pentingnya untuk penerapan terhadap sub grup adalah pekerjaan normal dan berbentuk dasar dari spesifikasi material minimum.

Karakteristik tertentu tidak di notasikan dengan “maksimum” atau “minimum”. Karakteristik ini yang biasanya amat penting dalam pendefinisian penerimaan dalam pemilihan material isolasi yang sesuai . Hal tersebut ini di rekomendasikan terhadap karakteristik ini, dievaluasi secara kritis. Material yang sesuai dengan spesifikasi ini memenuhi tingkat yang telah di tetapkan dari kinerja sebagai taksiran pada uji contoh untuk sifat yang dimiliki material.

Bagaimana pun juga pemilihan material oleh pengguna untuk penerapan khusus harus berdasarkan pada persyaratan aktual yang perlu untuk kinerja yang cukup dalam penerapan dan tidak dalam spesifikasi tersendiri.



**Tabel 1 Material isolasi keramik**

Tabel 1a  
(Untuk besaran yang digaris bawah, lihat Ayat 2)

1			Group	C100					
2			Type	Porselen alkaline silikat					
3			Sub grup	C110	C111	C112	C120	C130	C140
4			Nama	Proses plastik silikon porselen	Porselen silikon yang ditekan	Proses plastik Cristobalit porselen*	Porselen aluminium	Kekuatan besar porselen aluminium	Porselen Litha
	Sifat	Simbol	Satuan						
5	Porositas buka (nyata) maksimum	$\rho_a$	Vol %	<u>0,0</u>	<u>3</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,5</u>
6	Kerapatan besar, min	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>2,2</u>	<u>2,2</u>	<u>2,3</u>	<u>2,3</u>	<u>2,5</u>	<u>2,0</u>
7	Kekuatan bengkok	Tanpa sepuh	$\sigma_{ft}$	Mpa	<u>50</u>	<u>40</u>	<u>80</u>	<u>90</u>	<u>140</u>
8	Minimum	Disepuh	$\sigma_{fg}$	Mpa	<u>60</u>	-	100	110	160
9	Modulus elastisitas, min	E	GPa	60	-	70	-	100	-
10	Koefisien ekspansi termal linear rata-rata	$\alpha_{30-100}(30^\circ\text{C to } 100^\circ\text{C})$	$10^{-6}\text{K}^{-1}$	3 to 6	3 to 5	6 to 8	3 to 6	4 to 7	1 to 3
11		$\alpha_{30-300}(30^\circ\text{C to } 300^\circ\text{C})$	$10^{-6}\text{K}^{-1}$	3 to 6	3 to 6	6 to 8	3 to 6	4 to 7	1 to 3
12		$\alpha_{30-600}(30^\circ\text{C to } 600^\circ\text{C})$	$10^{-6}\text{K}^{-1}$	4 to 7	4 to 7	6 to 8	4 to 7	5 to 7	1 to 3
13		$\alpha_{30-1000}(30^\circ\text{C to } 1000^\circ\text{C})$	$10^{-6}\text{K}^{-1}$	-	-	-	-	-	-
14	Kapasitas panas spesifik 30 °C hingga 100 °C	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	750 to 900	800 to 900	800 to 900	750 to 900	800 to 900	750 to 900
15	Konduktivitas termal 30°C hingga 100 °C	$\lambda_{30-100}$	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	1 to 2,5	1 to 2,5	1,4 to 2,5	1,2 to 2,6	1,5 to 4,0	1,0 to 2,5
16	Pesistans terhadap kejutan termal, minimum	$\Delta T$	K	150	150	150	150	150	<u>250</u>
17	Kekuatan listrik,min	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	<u>20</u>	-	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>15</u>
18	Ketahanan tegangan, min	U	KV	30	-	30	30	30	20
19	Permittivitas relatif 48 Hz hingga 62 Hz	$\epsilon_r$	-	6 to 7	-	5 to 6	6 to 7	6 to 7,5	5 to 7
20	Koefisien suhu Permittivitas	$TK_\epsilon$	$10^{-6}\text{K}^{-1}$	+600 to +500	-	+600 to +500	+600 to +500	+600 to +500	-
21	Faktor disipasi pada 20 °C, Maks	48 Hz to 62 Hz	$\tan \delta_{pt}$	$10^{-3}$	<u>25</u>	-	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>10</u>
22		1 kHz	$\tan \delta_{pt}$	$10^{-3}$	-	-	-	-	-
23		1 MHz	$\tan \delta_{pt}$	$10^{-3}$	12	-	12	15	10
24	Resistans dalam batas suhu (a.s) minimum	30 °C	$\rho_{v,30}$	$\Omega\text{ m}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{11}$	$10^{11}$	$10^{11}$
25		200 °C	$\rho_{v,200}$	$\Omega\text{ m}$	$10^6$	<u><math>10^6</math></u>	$10^6$	$10^6$	$10^7$
26		600 °C	$\rho_{v,600}$	$\Omega\text{ m}$	$10^2$	$10^2$	$10^2$	$10^2$	$10^2$
27	Suhu min tergantung resistans volume	1 M $\Omega\text{ m}$	$T_{p1}$	°C	200	200	200	200	200
28		0,001	$T_{p0,01}$	°C	350	350	350	350	350

\* Nilai yang diberikan menunjuk ke pengujian contoh uji sesuai dengan Gambar 6 IEC 60672-2.



Tabel 1 b  
(Untuk besaran yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

1	Simbol	Grup	C 200					
2		Tipe	Silikat magnesium					
3		Sub grup	C 210	C 220	C 221	C 230	C 240	C 250
4		Nama	Tegangan rendah steatite	Normal steatite	Kerugian kecil steatite	Berporos steatite	Berporos forsterite	Padat forsterite
		Satuan						
5	$\rho_a$	Vol %	<u>0,5</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>35</u>	<u>30</u>	<u>0,0</u>
6	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>2,3</u>	<u>2,6</u>	<u>2,7</u>	<u>1,8</u>	<u>1,9</u>	<u>2,8</u>
7	$\delta_{ft}$	Mpa	<u>80</u>	<u>120</u>	<u>140</u>	<u>30</u>	<u>35</u>	<u>140</u>
8	$\delta_{fg}$	Mpa	-	-	-	-	-	-
9	$E$	Gpa	60	80	110	-	-	-
10	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	6 to 8	7 to 9	6 to 8	8 to 10	8 to 10	9 to 11
11	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	6 to 8	7 to 9	6 to 8	8 to 10	8 to 10	9 to 11
12	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	<u>6 to 8</u>	<u>7 to 9</u>	<u>6 to 8</u>	<u>8 to 10</u>	<u>8 to 10</u>	<u>9 to 11</u>
13	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	6 to 8	8 to 10	8 to 10	-	8 to 10	10 to 11
14	$C_{p,30-100}$	Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900
15	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	1 to 2,5	2 to 3	1,5 to 2	1 to 2,5	1,4 to 2	3 to 4
16	$\Delta T$	K	80	80	100	-	-	80
17	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	-	<u>15</u>	<u>20</u>	-	-	<u>20</u>
18	$U$	kV	-	20	30	-	-	30
19	$\varepsilon_r$	-	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	-	-	<u>7</u>
20	$TK_c$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	+160 to + 70	+160 to + 70	+160 to + 70	-	-	-
21	$\tan \delta_{pf}$	10 <sup>-3</sup>	25	5	1,5	-	-	1,5
22	$\tan \delta_{1k}$	10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	-	-
23	$\tan \delta_{1M}$	10 <sup>-3</sup>	<u>7</u>	<u>3</u>	<u>1,2</u>	-	-	<u>0,5</u>
24	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	<u>10<sup>10</sup></u>	<u>10<sup>11</sup></u>	<u>10<sup>11</sup></u>	-	-	<u>10<sup>11</sup></u>
25	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>
26	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
27	$T_{p1}$	°C	200	350	500	500	500	500
28	$T_{p0,01}$	°C	400	530	800	800	800	800



Tabel 1 c  
(Untuk besaran yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

1		Grup	C 300						
2		Tipe	Titanate dan keramik perovskites tinggi yang lain						
3		Sub grup	C 310	C 320	C330	C331	C 340	C 350	C 351
4		Nama	Titania berbase	Magnesium titanate	Titania dan oksida lain	Sr dan Ca bismuth titanate	Berbase pada perovskites ferroelektrik		
	Simbol	Satuan					$\epsilon_r$ medium	$\epsilon_r$ tinggi	
5	$\rho_a$	Vol %	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>
6	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>3,5</u>	<u>3,1</u>	<u>4,0</u>	<u>4,5</u>	<u>3,0</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>
7	$\sigma_{ft}$	MPa	-	-	-	-	-	-	-
8	$\sigma_{fg}$	Mpa	-	-	-	-	-	-	-
9	$E$	GPa	-	-	-	-	-	-	-
10	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	6 to 8	6 to 10	-	-	-	-	-
11	$\alpha_{30-300}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
12	$\alpha_{30-600}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
13	$\alpha_{30-1\,000}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
14	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	700 to 800	900 to 1 000	-	-	-	-	-
15	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	3 to 4	3,5 to 4	-	-	-	-	-
16	$\Delta T$	K	-	-	-	-	-	-	-
17	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	8	8	10	10	6	2	2
18	$U$	KV	15	15	15	15	8	2	2
19	$\epsilon_r$	-	40 to <u>100</u>	12 to <u>40</u>	25 to <u>50</u>	30 to <u>70</u>	100 to <u>700</u>	350 to <u>3 000</u>	> 3 000
20	$TK_e$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-280 to -900	+130 to -150	+70 to -120	-120 to -700	-1 200 to -6 000	-	-
21	$\tan \delta_{pf}$	10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-	-	-	-
22	$\tan \delta_{1k}$	10 <sup>-3</sup>	6,5	2	20	7	-	-	-
23	$\tan \delta_{1M}$	10 <sup>-3</sup>	<u>2</u>	1,5	0,8	1,0	<u>5</u>	35	35
24	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
25	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	-	-	-	-	-	-	-
26	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	-	-	-	-	-	-	-
27	$T_{p1}$	°C	-	-	-	-	-	-	-
28	$T_{p0,01}$	°C	-	-	-	-	-	-	-



Tabel 1 d  
(Untuk besaran yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

1	Simbol	Grup	C 400				C 500				
2		Tipe	Alkaline bumi aluminosilikat dan porselin zircon				Aluminosilikat berpori dan magnesium aluminosilikat				
3		Sub grup	C 410	C 420	C 430	C 440	C 510	C 511	C 512	C 520	C 530
4		Nama	Cor-dierite padat	Calsian padat	Berbas e lime padat	Berbas e zircon padat	Berbase alumino silikat	Berbase magnesium alumina silikat		Berbase cordierite	Berbase alumino silikat
		Satuan									
5	$\rho_a$	Vol %	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>30</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
6	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>2,1</u>	<u>2,7</u>	<u>2,3</u>	<u>2,5</u>	<u>1,9</u>	<u>1,9</u>	<u>1,8</u>	<u>1,9</u>	<u>2,1</u>
7	$\sigma_{ft}$	MPa	<u>60</u>	<u>80</u>	<u>80</u>	<u>100</u>	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>15</u>	<u>30</u>	<u>30</u>
8	$\sigma_{fg}$	Mpa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	$E$	GPa	-	-	80	130	-	-	-	40	-
10	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	1 hingga 3	3 hingga 5	5 hingga 7	5 hingga 7	3 hingga 5	3 hingga 6	3 hingga 5	1,5 hingga 3,5	3,5 hingga 5
11	$\alpha_{30-300}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	1 hingga 3	3 hingga 5	5 hingga 7	5 hingga 7	3 hingga 5	3 hingga 6	3 hingga 5	1,5 hingga 3,5	3,5 hingga 5
12	$\alpha_{30-600}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	<u>2</u> hingga 4	<u>3,5</u> hingga 6	-	-	<u>3</u> hingga 6	<u>4</u> hingga 6	<u>3</u> hingga 6	<u>2</u> hingga 4	<u>4</u> hingga 6
13	$\alpha_{30-1000}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	2 hingga 4,5	4 hingga 7	-	-	3 hingga 6	4 hingga 6	3,5 hingga 6	2,5 hingga 5	4 hingga 7
14	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	800 hingga 1 200	800 hingga 1 000	700 hingga 850	550 hingga 650	750 hingga 850	750 hingga 850	750 hingga 900	750 hingga 900	800 hingga 900
15	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	1,2 hingga 2,5	1,5 hingga 2,5	1 hingga 2,5	5 hingga 8	1,2 hingga 1,7	1,3 hingga 1,8	1 hingga 1,5	1,3 hingga 1,8	1,4 hingga 2,0
16	$\Delta T$	K	<u>250</u>	<u>200</u>	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>200</u>	<u>250</u>	<u>300</u>	<u>350</u>
17	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	-	-	-	-	-
18	$U$	KV	15	30	20	20	-	-	-	-	-
19	$\epsilon_r$	-	5	7	6 hingga 7	8 hingga 12	-	-	-	-	-
20	$TK_c$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	+600 hingga +500	+100 hingga +30	-	-	-	-	-	-	-
21	$\tan \delta_{pf}$	10 <sup>-3</sup>	<u>25</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	-	-	-	-	-
22	$\tan \delta_{1k}$	10 <sup>-3</sup>	-	12	-	-	-	-	-	-	-
23	$\tan \delta_{1M}$	10 <sup>-3</sup>	7	0,5	<u>5</u>	<u>5</u>	-	-	-	-	-
24	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	10 <sup>10</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	-	-	-	-	-
25	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
26	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
27	$T_{p1}$	°C	200	600	200	200	-	-	-	-	-
28	$T_{p0,01}$	°C	400	900	350	350	500	500	500	500	600



Tabel 1 e  
(Untuk besaran yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

1	Simbol	Grup	C 600		C 700			
2		Tipe	Alkaline rendah mullite keramik		Keramik alumina-tinggi			
3		Sub grup	C 610	C 620	C 780	C 786	C 795	C 799
4		Nama	Berisi Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Berisi Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %			
		Satuan	50 hingga 65	65 hingga 80	80 hingga 86	86 hingga 95	95 hingga 99	> 799
5	$\rho_a$	Vol %	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>
6	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>2,6</u>	<u>2,8</u>	<u>3,2</u>	<u>3,4</u>	<u>3,5</u>	<u>3,7</u>
7	$\sigma_{ft}$	MPa	<u>120</u>	<u>150</u>	<u>200</u>	<u>250</u>	<u>280</u>	<u>300</u>
8	$\sigma_{fg}$	Mpa	-	-	-	-	-	-
9	$E$	GPa	100	150	200	220	280	300
10	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5 hingga 6	5 hingga 6	5 hingga 7	5,5 hingga 7,5	5 hingga 7	5 hingga 7
11	$\alpha_{30-300}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5 hingga 6	5 hingga 6	5 hingga 7	6 hingga 8	6 hingga 7,5	6 hingga 8
12	$\alpha_{30-600}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5 hingga 7	5 hingga 7	6 hingga 8	6 hingga 8	6 hingga 8	7 hingga 8
13	$\alpha_{30-1\ 000}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5 hingga 7	5 hingga 7	7 hingga 8	7 hingga 8	7 hingga 9	7 hingga 9
14	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	850 hingga 1 050	850 hingga 1 050	850 hingga 1 050	850 hingga 1 050	850 hingga 1 050	850 hingga 1 050
15	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	2 hingga 6	6 hingga 15	10 hingga 16	14 hingga 24	16 hingga 28	19 hingga 30
16	$\Delta T$	K	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>150</u>
17	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	17	15	10	15	15	17
18	$U$	KV	25	20	15	18	18	20
19	$\varepsilon_r$	-	8	8	8	9	9	9
20	$TK_e$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-
21	$\tan \delta_{pf}$	10 <sup>-3</sup>	-	-	1	0,5	0,5	0,2
22	$\tan \delta_{1k}$	10 <sup>-3</sup>	-	-	1,5	1	1	0,5
23	$\tan \delta_{1M}$	10 <sup>-3</sup>	-	-	1,5	1	1	1
24	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>
25	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	<u>10<sup>9</sup></u>	<u>10<sup>9</sup></u>	<u>10<sup>10</sup></u>	<u>10<sup>10</sup></u>	<u>10<sup>10</sup></u>	<u>10<sup>10</sup></u>
26	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	<u>10<sup>4</sup></u>	<u>10<sup>4</sup></u>	<u>10<sup>5</sup></u>	<u>10<sup>6</sup></u>	<u>10<sup>6</sup></u>	<u>10<sup>6</sup></u>
27	$T_{p1}$	°C	300	300	400	500	500	500
28	$T_{p0,01}$	°C	600	600	700	800	800	800
* Beberapa bahan dengan ukuran grain didesain untuk metalisasi proses tidak memenuhi tingkat kekuatan ini								



Tabel 1 f  
(Untuk besaran yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

1	Simbol	Grup	C 800		C 900			
2		Tipe	Keramik oksida tunggal kecuali alumina		Keramik berisolasi non oksida			
3		Sub grup	C 810	C 820	C 910	C 920	C 930	C 935
4		Nama	Keramik beryllia padat	Keramik magnesita berpori	Aluminium nitride	Boron nitride	Silikon ikatan reaksi	Silikon nitride padat
		Satuan						
5	$\rho_a$	Vol %	<u>0,0</u>	<u>30</u>	<u>0,0</u>	<u>2,0</u>	<u>40<sup>*</sup></u>	<u>0,0</u>
6	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	<u>2,8</u>	<u>2,5</u>	<u>3,0</u>	<u>2,5</u>	<u>1,9</u>	<u>3,0</u>
7	$\sigma_{ft}$	MPa	<u>150</u>	<u>50</u>	<u>200</u>	<u>20</u>	<u>80<sup>*</sup></u>	<u>300</u>
8	$\sigma_{fg}$	Mpa	-	-	-	-	-	-
9	$E$	GPa	300	90	300	-	80 <sup>*</sup>	250
10	$\alpha_{30-100}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5 hingga 7	8 hingga 9	2,5 hingga 4	- **	1 hingga 2	1 hingga 2
11	$\alpha_{30-300}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5,5 hingga 7,5	10 hingga 12	4 hingga 4,5	- **	2 hingga 3	2 hingga 3
12	$\alpha_{30-600}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	7 hingga 8,5	11 hingga 13	4,5 hingga 5	- **	2,5 hingga 3,5	2,5 hingga 3,5
13	$\alpha_{30-1\ 000}$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	8 hingga 9,5	12 hingga 14	5,5 hingga 6	- **	3,0 hingga 3,5	2,5 hingga 3,5
14	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	1 000 hingga 1 250	850 hingga 1 050	800 hingga 900	900 hingga 1 050	750 hingga 850	750 hingga 850
15	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	150 hingga 220	6 hingga 10	<u>≥100</u>	10 hingga 50	5 hingga 15 <sup>*</sup>	15 hingga 45
16	$\Delta T$	K	<u>180</u>	-	200	-	<u>250</u>	<u>250</u>
17	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>	<u>13</u>	-	<u>20</u>	-	-	<u>20</u>
18	$U$	KV	20	-	30	-	-	30
19	$\varepsilon_r$	-	7	10	-	-	-	8 hingga 12
20	$TK_v$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-
21	$\tan \delta_{pf}$	10 <sup>-3</sup>	1	-	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
22	$\tan \delta_{1k}$	10 <sup>-3</sup>	1	-	-	-	-	-
23	$\tan \delta_{1M}$	10 <sup>-3</sup>	1	-	2	2	2	2
24	$\rho_{v,30}$	Ωm	10 <sup>12</sup>	-	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	-	10 <sup>11</sup>
25	$\rho_{v,200}$	Ωm	10 <sup>10</sup>	-	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	-	10 <sup>7</sup>
26	$\rho_{v,600}$	Ωm	10 <sup>7</sup>	-	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	-	10 <sup>2</sup>
27	$T_{p1}$	°C	600	6500	500	500	-	200
28	$T_{p0,01}$	°C	900	1 000	800	800	-	300

\* Tergantung pada kerapatan besar  
\*\* Tergantung pada tujuan pengukuran relatif terhadap tujuan tekanan panas



**Tabel 2 Keramik gelas dan material mika gelas**

(untuk gambar yang digaris bawahhi tebal, lihat Ayat 2)

			Grup	GC 100		GM 100	
			Tipe	Material keramik gelas		Material mika berikatan gelas	
			Sub grup	GC 110	GC 120	GM 110	GM 110
				Keramik gelas tipe besar	Keramik gelas tipe sinter	Mika berikatan gelas	Mika berisi keramik gelas
Sifat	Simbol	Satuan					
Porositas buka, maks.	$\rho_a$	Vol %		0,0	0,0	0,5	0,5
Kerapatan besar, min.	$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>		-	-	2,2	2,2
Kerapatan bengkok minimum	Tanpa sepuh	$\sigma_{ft}$	MPa	50	50	50	50
	Disepuh	$\sigma_{fg}$	Mpa	-	-	-	-
Modulus elastisitas, min.	$E$	Gpa		50	50	40	50
Koefisien ekspansi linier rata-rata	$\alpha_{30-100}$ (20 °C hingga 100 °C)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>		- *	- *	7 hingga 12	7 hingga 12
	$\alpha_{30-300}$ (20 °C hingga 300 °C)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>		- *	- *	7 hingga 12	7 hingga 12
	$\alpha_{30-600}$ (20 °C hingga 600 °C)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>		- *	- *	-	-
	$\alpha_{30-1000}$ (20 °C hingga 1 000 °C)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>		- *	- *	-	-
Kapasitas panas spesifik, 30 °C hingga 100 °C	$C_{p,30-100}$	J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>		-	-	-	-
Konduktivitas termal, 30 °C hingga 100 °C	$\lambda_{30-100}$	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>		1 hingga 5	1 hingga 5	1 hingga 5	1 hingga 5
Resistans terhadap kejut termal, min.	$\Delta T$	K		-	-	100	100
Kekuatan listrik, min.	$E_d$	KV mm <sup>-1</sup>		20	15	10	10
Ketahanan tegangan,min.	$U$	KV		30	20	15	15
Permitivitas relatip 48 Hz hingga 62 hz	$\epsilon_r$	-		-	-	-	-
Koefisien suhu permitivitas	$TK_\epsilon$	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>		-	-	-	-
Faktor disipasi pada 30 °C	48 Hz hingga 62 Hz	$\tan \delta_{pf}$	-	-	-	-	-
	1 kHz	$\tan \delta_{1k}$	-	-	-	-	-
	1 MHz	$\tan \delta_{1M}$	-	-	-	-	-
Resistivitas volume dalam batas suhu (a.s.), min	30 °C	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>
	200 °C	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	-	-	-	-
	600 °C	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	-	-	-	-
Suhu minimum tergantung resistivitas volume	1 M $\Omega m$	$T_{p1}$	°C	200	200	150	200
	0,01 $\Omega m$	$T_{p0,01}$	°C	300	300	200	300
* Ditentukan oleh komposisi kimia dan pengerjaan panas, kadang-kadang terkontrol							



**Tabel 3 Material isolasi gelas**  
(untuk gambar yang digaris bawah tebal, lihat Ayat 2)

			Grup	G 100		G 200			G 400	G 500	G 600	G 700	
			Tipe	Gelas alkali lime silikat		Gelas boros silikat			Gelas alumina lime silika	Gelas lead alkali silika	Gelas baria alkali silika	Gelas silika tinggi	
			Sub grup	G 110	G 120	G 220	G 231	G 232				G 795	G 799
				Pendinginan lambat	Dikeraskan/ diliatkan	Resistans secara kimia	Kerugian kecil	Tegangan tinggi				95 % - 99 % SiO <sub>2</sub>	> 99 % SiO <sub>2</sub>
Sifat		Simbol	Satuan										
Kerapatan besar, min		$\rho_a$	Mg m <sup>-3</sup>	2,4	2,4	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8	2,6	2,1	2,1
Kekuatan bengkok,min		$\sigma_{ft}$	MPa	<u>30</u>	<u>150</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>
Modulus elastisitas,min		$E$	Gpa	70	70	60	60	70	80	60	70	70	70
Koefisien ekspansi termal linier rata-rata	$\alpha_{30-100}$ (30 °C hingga 100 °C)	$10^{-6} K^{-1}$	8 hingga 9,5	8 hingga 9,5	3 hingga 5	-	-	-	-	-	-	0,5 hingga 1,0	0,5 hingga 0,7
	$\alpha_{30-300}$ (30 °C hingga 100 °C)	$10^{-6} K^{-1}$	<u>8,5 hingga 10</u>	<u>8,5 hingga 10</u>	<u>3 hingga 5</u>	<u>4,6 hingga 5,1</u>	<u>4,6 hingga 5,5</u>	<u>4 hingga 4,6</u>	<u>8 hingga 10</u>	<u>9 hingga 10</u>	<u>0,5 hingga 1,0</u>	<u>0,5 hingga 0,7</u>	
Suhu transisi gelas		$T_g$	°C	500 hingga 560	500 hingga 560	520 hingga 560	<u>480 hingga 510</u>	-	<u>620 hingga 730</u>	<u>430 hingga 470</u>	<u>430 hingga 500</u>	<u>600 hingga 700</u>	<u>&gt;700</u>
Kekuatan listrik, min.		$E_d$	kV mm <sup>-1</sup>	6,5 hingga 7,6	7,3 hingga 7,6	4,0 hingga 5,5	4,9 hingga 5,5	5 hingga 6	5,5 hingga 7,5	6 hingga 8	6,5 hingga 7,5	3,5 hingga 4	3,7 hingga 3,9
		$U$	KV	3 hingga 20	3 hingga 20	2 hingga 10	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Permitivitas relatip 1 MHz, 30 °C		$\epsilon_r$	-	30	60	20	<u>3,5</u>	30	2,5	3	4	<u>1,0</u>	0,5
Koefisien suhu Permitivitas		$TK_\epsilon$	$10^{-3} K^{-1}$	20	60	10	<u>2,5</u>	12	2,5	2,5	-	<u>1,0</u>	<u>0,5</u>
Faktor disipasi pada 20 °C maks.	48 Hz hingga 62 Hz	$\tan \delta_{pf}$	$10^{-3}$	30	60	20	<u>3,5</u>	30	2,5	3	4	<u>1,0</u>	<u>0,5</u>
	1 kHz	$\tan \delta_{1k}$	$10^{-3}$	20	60	10	2,5	12	2,5	2,5	-	1,0	0,5
	1 MHz	$\tan \delta_{1M}$	$10^{-3}$	10	60	10	2	8	3	2	2,5	1,0	0,5
Resistivitas volume alur batas suhu (a.s.), min.	30 °C	$\rho_{v,30}$	$\Omega m$	$10^{10}$	$10^{10}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$	$10^{12}$
	200 °C	$\rho_{v,200}$	$\Omega m$	<u><math>10^7</math></u>	<u><math>10^7</math></u>	<u><math>10^7</math></u>	<u><math>10^{10}</math></u>	<u><math>10^7</math></u>	<u><math>10^{10}</math></u>	<u><math>10^8</math></u>	<u><math>10^8</math></u>	<u><math>10^9</math></u>	<u><math>10^{10}</math></u>
	600 °C	$\rho_{v,600}$	$\Omega m$	-	-	-	-	-	-	-	-	<u><math>10^3</math></u>	<u><math>10^4</math></u>
Suhu minimum sesuai dengan resistivitas volume	1 M $\Omega$ m	$T_{p1}$	°C	170	170	250	350	200	430	280	250	350	450
	0,01 M $\Omega m$	$T_{p0,01}$	°C	280	280	400	480	350	600	430	400	450	600













**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.or.id](mailto:bsn@bsn.or.id)